

天田財団 ニュース

2023 Autumn | No.15

- 02 「第6回 レーザプロセッシング助成研究成果発表会」を開催
「第20回 塑性加工助成研究成果発表会」を開催
- 04 研究室訪問
弘前大学大学院 理工学研究科 峯田 才寛 准教授
- 06 大阪大学 接合科学研究所 接合評価研究部門 王 倩 助教
- 08 千葉大学大学院 工学研究院 融合理工学府 基幹工学専攻 山形 遼介 助教
- 10 東京大学 生産技術研究所 キム・ビョンギ 特任助教
- 12 東北大学大学院 工学研究科 ファインメカニクス専攻 久慈 千栄子 助教
- 14 産業技術総合研究所 4Dビジュアルセンシング研究チーム 鈴木 大地 主任研究員
- 資格取得支援事業 事例紹介
- 16 ツツミ産業 株式会社
- 18 2023年度前期助成先が決定



「第6回 レーザプロセッシング助成研究成果発表会」を開催

参加人数はコロナ禍前の水準に回復

天田財団は4月19日、パシフィコ横浜で「第6回 レーザプロセッシング助成研究成果発表会」をOPIE'23の公式イベントとして開催した。今回のテーマは「高付加価値製造を実現するレーザーアディティブマニュファクチャリング(AM)」。注目度の高い分野だけに会場とオンラインを合わせて208名の研究者・学生などが参加した。

日本のものづくりに公益事業を通じて貢献

冒頭の主催者挨拶で、天田財団・末岡慎弘前代表理事理事長は「新型コロナウイルスによるパンデミックは収束の方向にありますが、ロシアのウクライナ侵攻から1年以上が経過して世界経済は大きなダメージを受けており、先行きの不透明感が増えています。その一方、科学技術の分野ではDXへの対応やSDGsの達成、カーボンニュートラルの実現など、喫緊の課題が山積しています。私はいつの時代も科学技術のイノベーションこそが課題を解決して次の時代を切り拓くための原動力であると考えています」。

「当財団は『人を育て、知を拓き、未来を創る』という運営指針を掲げて研究者のみならずを応援しています。これからも日本のものづくりに公益事業を通じて貢献するよう、なおいっそう努力してまいります」と述べた。

「高付加価値製造を実現するAM」

基調講演では大阪大学・塚本雅裕教授(天田財団役員

員)が「カーボンニュートラル社会実現に貢献するレーザーアディティブマニュファクチャリング」をテーマに、AMに関する研究の経緯と今後の動向について講演した。

助成研究成果発表会では、産業技術総合研究所・佐藤直子主任研究員が「X線透視法を用いたPBF-LB/Mの溶融挙動のその場観察」、東京都立大学・寛幸次教授が「選択的レーザー溶融法で造形したNi基超合金のクリープ特性劣化と後処理による改善」、九州工業大学・植原弘之教授が「金属AMによる高機能金型製造のためのレーザー焼結プロセスの可視化」、大阪産業技術研究所・山口拓人主任研究員が「雰囲気制御を利用したWC-Co超硬合金のレーザーメタルデポジション技術の開発」について発表を行った。

助成研究成果発表会の後には、同じテーマを別の視点から深掘りした企業講演2本が行われた。日本AM協会・澤越俊幸専務理事の「できるのかAMの実製品活用」では、なぜ日本ではAMの実製品への活用が遅れているか、今後世界に追いつくために取り組むべき課題などが「技術面」の観点から述べられた。矢野経済研究所・小山博子氏の「2023年AM動向」では、AMの市場動向や予測などが「経済面」の観点から述べられた。

発表会の最後に塚本教授はすべての講演を振り返り「さまざまな観点から見たことでAMの抱える問題点や取り組むべき課題があらためて見えてきた。大変意味のある発表会になった」と締めくくった。



発表会の冒頭で挨拶をする天田財団・末岡慎弘前代表理事理事長(6月17日に退任)



今回の発表会のテーマを紹介する大阪大学・塚本雅裕教授(天田財団役員)



企業講演では日本AM協会・澤越俊幸専務理事が「技術面」からテーマの分析を行った

「第20回 塑性加工助成研究成果発表会」を開催

ハイブリッド方式で開催、100名超が参加

天田財団は6月9日、名古屋工業大学（愛知県名古屋市）4号館ホールで「第20回 塑性加工助成研究成果発表会」を開催した。会場の参加者数は109名で、オンライン視聴事前登録者数は72名だった。

今回の発表会は、6月9日～11日の3日間、名古屋工業大学で開催された日本塑性加工学会の「2023年度塑性加工春季講演会」の協賛行事として、「**塑性加工を利用した接合技術の応用**」をテーマに開催された。

「人を育て、知を拓き、未来を創る」

発表会の冒頭、**天田財団・末岡慎弘前代表理事**は次のように挨拶した。

「世界経済は新型コロナウイルスのパンデミックによる影響から徐々に回復していますが、2022年2月から始まったロシアによるウクライナへの軍事侵攻、石油をはじめとした燃料・原材料価格の高騰による世界的なインフレの影響が出ています。その一方で、科学技術の分野ではDXへの対応やSDGsの達成、カーボンニュートラルの実現など、技術的な課題が山積しています」。

「当財団は『人を育て、知を拓き、未来を創る』という運営理念を掲げ、研究者のみなさまを応援しています。2022年度の助成研究テーマは108件、助成金額は2億7,486万円となりました。1987年の財団創立以来、累計助成件数は2,108件、累計助成総額は37億1,551万円となりました。

た。公益事業を通じて日本のものづくりに貢献するため、これからもいっそうの努力を続けてまいります」。

「塑性加工を利用した接合技術の応用」

研究成果の発表に先立ち、**東京工業大学・吉野雅彦教授（天田財団役員）**が今回のテーマ「塑性加工を利用した接合技術の応用」について「塑性加工による接合には、鍛接や摩擦圧接、爆発接合、摩擦攪拌接合（FSW）などの固相接合、およびリベット、かしめ、ヘミングなど機械的接合があります」と紹介した。

引き続き、4名の研究者による助成研究成果発表が行われた。**香川大学・吉村英徳准教授**が「0.1mm薄板オーステナイト系ステンレス鋼の突合せ摩擦攪拌点接合法の開発」、**芝浦工業大学・青木孝史朗教授**が「超微細アルミニウム合金板材を用いた摩擦攪拌接合による高継手効率継手の開発」、**千葉大学大学院・糸井貴臣教授**が「電磁圧接による超ハイテン鋼板とアルミニウム合金板との高速接合」、**崇城大学・友重竜一教授**が「熱間爆発圧接法を用いたセラミック-金属接合体の作製技術の開発とその応用」について、それぞれ発表した。

その後は、産業分野での取り組みを紹介する2件の企業講演が行われた。**日産自動車・樽井大志氏**が「自動車のマルチマテリアル化とそれに伴う接合技術動向」、**トヨタ自動車・鶴飼須彦氏**が「高強度塑性結合法の開発と自動車部品への適用」について講演した。



「第20回 塑性加工助成研究成果発表会」には会場とオンラインを合わせて181名が集まった



発表会の冒頭で挨拶をする天田財団・末岡慎弘前代表理事（6月17日に退任）



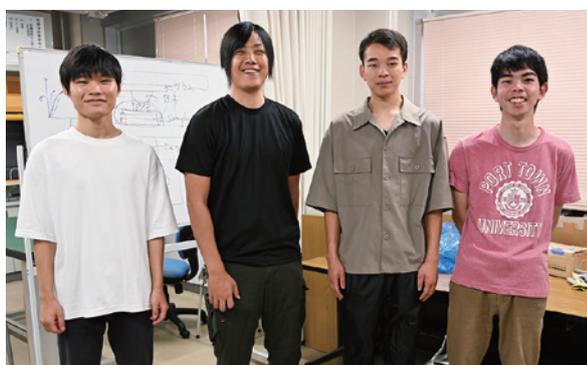
今回の発表会のテーマを紹介する東京工業大学・吉野雅彦教授（天田財団役員）

「組織制御」によって高性能な 金属材料を生み出す

省エネ材料として期待が高まる 「超軽量マグネシウム合金」の研究

弘前大学大学院 理工学研究科

峯田 才寛 准教授



弘前大学「峯田研究室」のメンバー。左から高橋大佑さん(M1)、峯田才寛准教授、恒川直諒さん(B4)、坂東航さん(M1)

不均一LPSO型Mg合金の創製と 高温クリープ特性改善

弘前大学大学院 理工学研究科の峯田才寛准教授の研究テーマ「熱間塑性加工による不均一LPSO型Mg合金の創製と高温クリープ特性改善」が、天田財団の2022年度「一般研究開発助成」に塑性加工分野で採択された。

峯田准教授は、2012年3月に北海道大学 工学部を卒業。2014年3月に北海道大学大学院工学院 材料科学専攻 博士前期課程を修了、2017年3月に北海道大学大学院工学院 材料科学専攻 博士後期課程を経て、博士(工学)の学位を取得した。同年4月には弘前大学大学院 理工学研究科の助教に就任、2021年10月には現職である准教授に昇任した。

「軽くて錆びにくいマグネシウム」で産学連携

「学位取得後の進路に関してはいろいろありました。若手研究者として自立した研究環境で研究・教育者としての経験を積み、最終審査によって専任教員になれる『キャリアパス(テニュアトラック型)』の研究者の道もありましたが、任期付き。そのほか多くの求人が期限付きの雇用でした。弘前

大学は理工学部が再編され、学科定員がそれまでの50名から80名に増員、それにとまなう教員の増員で『パーマネント助教』の募集でした。生活が安定すると、以前から研究・教育の仕事をやってみたかったので、弘前大学にお世話になりました。

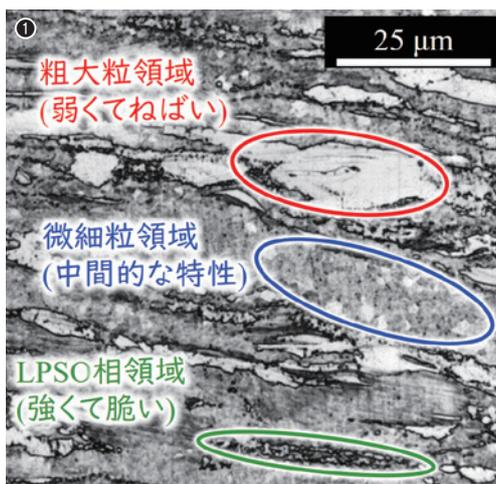
「弘前大学はもともと医学部・農学部が主体の大学で、理工学部は比較的新しい学部です。また、地域経済の発展に貢献するため、地元の企業との産学連携を強化しています。私も着任した翌年に地元の金属加工企業と『軽くて錆びにくいマグネシウム』を共同出願、最近特許が登録されました。そのような背景から地域にも開かれた研究室を目指しています」(峯田准教授)。

講座制はなく、機械材料機能学分野で強度材料学・軽金属・塑性変形が専門の「峯田研究室」と、材料強度設計学分野で機械材料学・力学特性・高温変形が専門の「佐藤研究室」(佐藤裕之教授)がコラボレーションして共同研究や学術指導を行っている。現在はM2の学生が7名、M1が5名、学部生が10名の計22名が所属しており、理工学部のなかでも人気のある研究室となっている。

医療業界や自動車業界からも注目される 「超軽量マグネシウム合金」

峯田准教授が研究しているのは「超軽量マグネシウム(Mg)合金」だ。

Mgはアルミよりも軽くて強い金属。ただし、割れやすく成形が難しい点と錆びやすい点が実用化を阻んできた。そこで、峯田准教授はリチウムを混ぜて合金化、巨大ひずみ加工と高温での熱処理を施すことで、これらの課題を解決した。近い将来、飛行機や自動車の部品として普及すれば、燃費の大幅な向上によって世界的な省エネも期待できる。また、無害のため生体用材料として医工連携の研究も行われており、骨折時に体内に入れるプレートへの応用も期待されるなど、夢が広がる金属材料となっている。



①熱間塑性加工により作製した不均一組織を有するLPSO型Mg合金の表面観察像／②Mg合金のクリープ特性を調べるためのクリープ試験機制御装置／③約1300℃までのクリープ試験が可能な高温クリープ装置

そのため、肥大化する消費社会を持続的に支え得る軽量構造用材料、生体材料として軽量かつ高強度なMg合金の活用が期待されている。その中でもMgに微量の遷移金属元素と希土類元素を添加し長周期積層構造(LPSO)相と呼ばれる強化相を導入した『LPSO型Mg合金』は非常に優れた力学特性を示し、特に大きな注目を集めている。

Mg合金の発展は輸送用機器の軽量化によるグリーントランスフォーメーション(GX)につながり、脱炭素社会の実現にも貢献すると期待されている。そのためには実際に使用される過酷な環境下における高い力学的信頼性の要求に応える必要がある。

比較的低融点であるMg合金は、高温において小さな荷重でも徐々にひずみが蓄積するクリープ変形が顕著である。比較的高温にさらされる自動車などの内燃機関付近での使用を考えると、クリープ特性の改善には大きな価値がある。硬質なLPSO相を軟質なMg中に分散させることはクリープ特性改善の有効な手段と考えられるが、闇雲なLPSO相の導入によるクリープ特性改善は限界をむかえており、高度な材料学的知見に基づく新たな材料設計が必要になっている。

金属材料の力学特性にブレークスルーを生み出す新たな材料設計指針として、力学特性の異なる複数の領域を組み合わせた不均一材料の創製に注目が集まっている。

熱間塑性加工により不均一合金を創製する

峯田准教授はこれまでに、適切な条件での熱間塑性加工を行うことで、LPSO型Mg合金中に意図的な不均一組織を形成させることに成功した。その不均一組織は、熱間塑性加工時のひずみと熱により形成され、領域ごとに力学特性が大きく異なる。また、その不均一組織を有するMg合金は優れたクリープ特性を示すことを見出した。そこで、特性改善メカニズムの解明とそれに基づくさらなる耐クリープ性の向上には大きな学術的・産業的価値がある。

本研究では、熱間塑性加工と熱処理による不均一LPSO型Mg合金の創製を目標に、超硬質なLPSO相領域、硬質な微細粒Mg領域、軟質な粗大粒Mg領域の3領域からなる不均一合金を熱間塑性加工により創製する。そのために、塑性加工に続く熱処理により優れた特性を発現するための微細組織を制御する。さらに、不均一LPSO型Mg合金における高温クリープ特性改善とメカニズム解明のために、不均一組織を有するLPSO型Mg合金における高温クリープ変形挙動の温度・応力依存性を調査する。また、微細組織解析の結果と併せることで、材料の不均一性を利用したクリープ特性改善メカニズムを解明する。

研究にも学生指導にも楽しみを見出す

「合金化によってMgの性質が変わっていくことはおもしろいと思います。さらに『合金化』と、たたいたり高い圧力をかけたりする『塑性加工』、高温加熱と冷却による『熱処理』——この3つによる『組織制御』によって高性能な金属材料を生み出す研究がさかんに行われています。しかも合金の元となる金属の選択と配合割合、加工の手法、熱処理の温度など各要素の組み合わせは、ほぼ無限です。その中から時代を変えるような新材料が生まれる可能性があるかと思うと、科学を駆使した錬金術みたいで楽しくなります」。

「大学ではできる限り院生や学生たちが集まる共同研究室で、それぞれの研究の進捗確認や学術指導を行っています。自分の居室では学生たちの実験結果やデータ確認、論文の添削指導と忙しくしています。また、学内の各種委員会への参加などの公務もあるので、実際に自分の研究に費やせる時間は全体の10%もありません。しかし、学生たちの研究テーマが自身の研究と重なる部分もあり、学術指導や添削も研究と一体になるので不満はありません。研究・教育をやってみたいという気持ちがあったので毎日を楽しんでいます」(峯田准教授)。

高強度アルミニウム合金の 最適な積層条件の範囲を導く

金属微粒子の熱処理技術とセラミックス粒子によるその場 微細鍛造技術を用いて、積層材強度の向上を目指す

大阪大学 接合科学研究所
接合評価研究部門

王 倩 (Qian Wang) 助教



大阪大学 接合科学研究所の王倩助教(左)と研究室の麻寧緒教授(右)

積層材の高強度化を保証

大阪大学 接合科学研究所 接合評価研究部門 接合構造解析学分野の麻寧緒教授の研究室に所属する王倩 (Qian Wang) 助教の研究テーマ「その場微細鍛造による高強度アルミニウム合金の固相積層技術に関する研究開発」が、天田財団の2022年度「奨励研究助成(若手研究者)」に塑性加工分野で採択された。

この研究は高強度アルミニウム合金微粒子に熱処理を施し、積層造形性を改善するとともに、積層材の高強度化を実現する。サイズが大きいセラミック粒子をその場微細鍛造に適用することで、積層材の緻密化を安価な低圧ガスで実現し、結晶粒を超微細化する。微細鍛造用のセラミック粒子は、積層材強度を向上するだけでなく、積層プロセスウインドウを拡大することも期待できる。

その場微細鍛造の強化メカニズムを明らかにすることで、本研究の実現可能性を確認できた。その場微細鍛造は空隙クロージングと結晶粒の超微細化を促進し、強度を大幅に向上させる。サイズが大きいセラミック粒子はリバウンドされるため、積層材に埋め込む心配がない。本研究では熱処理した高強度アルミニウム合金の微粒子を用いて積層材強度のさらなる向上を目指す。

本研究の目的は下記の2つとなっている。

- ① その場微細鍛造の強化メカニズムを明らかにし、セラミック微細鍛造粒子の粒径と体積比を最適化すること。
- ② 高精度数値解析モデルを開発して、高強度アルミニウム合金の積層プロセスウインドウを予測し、鍛造品レベルの強度を目標にして最適な積層条件の範囲を導くこと。

高強度アルミニウム合金の世界市場は2021年に349億米ドルに達し、2026年には477億米ドルになると予測されている。気候変動対策としてSDGsの達成やカーボンニュートラルの実現に向けCO₂排出量を削減するため、航空機や自動車の軽量化に対するニーズが高まっている。こうしたニーズから高強度アルミニウム合金の需要増加が見込まれており、市場の成長も牽引している。

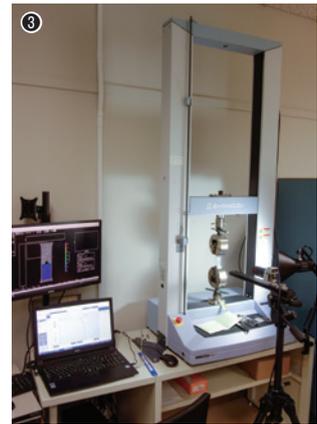
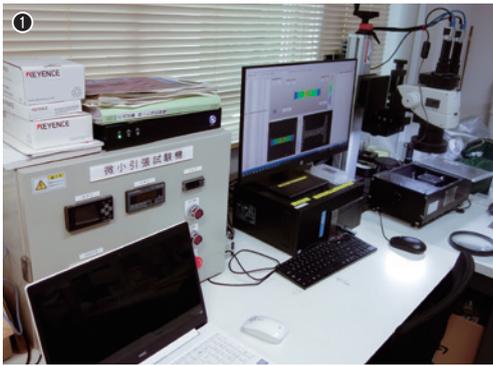
コールドスプレー積層技術を応用

軽量化部品の設計と製造工程の一例として、航空機の補強材を「アディティブマニュファクチャリング」などと呼ばれる3次元積層造形で行うことが期待されている。

しかし、高強度アルミニウム合金の溶融積層では、溶融・凝固による欠陥が発生する可能性がある。そこで、超音速流を用いて粉末を固相状態のまま被覆対象物に衝突させ、皮膜を形成するコールドスプレーを活用することによって、新たな適用可能性が見えた。コールドスプレーは粒子を衝突・堆積させてコーティングするという点では溶射法に類似するが、ほかの溶射法と比べて施工温度が低いため、皮膜の酸化や基材への熱影響を低減することが可能だ。また、材料を溶融することなく積層速度が速い、環境に優しいという利点がある。

そこで本研究では、コールドスプレー法を実用化している企業からも協力を受け、高強度アルミニウム合金用に高品質・低コストのコールドスプレー積層技術を応用することを考えている。

対象材料はアルミニウム合金7075である。セラミック微細



①微小引張試験機と詳細ひずみのDIC測定装置／②ワンショット3D形状測定機を用いて積層表面粗さと全体形状を確認する／③標準サイズの引張試験を行い、ひずみ分布を画像解析する実験装置

鍛造粒子の粒径と体積比の最適設計よって、平均粒径の異なるセラミック粒子(100～1000 μm)と熱処理した積層微粒子をさまざまな体積比で混合して使用することにした。積層材の微細構造(特に空隙、割れ、結晶粒)を実験で観察し、積層材にセラミック粒子が埋め込まれていないかを確認する。積層材の機械特性(特に引張強度)を実験で測定し、セラミック粒子の最適な粒径と体積比を決定する。

次に、その場微細鍛造を用いる積層プロセスの高精度数値解析モデルを開発する。セラミック粒子を用いる場合と用いない場合や、積層微粒子の変形、温度、エネルギー、再結晶状態と条件を変えて比較研究を行う。セラミック粒子を用いる場合と用いない場合、積層材の微細組織と機械特性の定量的な関係を推定する。そしてその場微細鍛造の強化メカニズムを明らかにする。

さらに、高精度数値解析結果を活用した積層実験を効果的に実施し、最適な積層条件範囲を決定する。積層条件である衝突速度、衝突温度などがセラミック粒子を用いた積層材の微細組織および機械特性におよぼす影響を実験観察と数値解析により明らかにする。なお、衝突速度と温度は作動ガスの種類、圧力、温度などに決定される。積層条件、微細組織、機械特性の定量的関係を明らかにし、鍛造品レベルの強度を目標にして最適な積層条件範囲を決定していく計画だ。

強度を鍛造品並みに向上

本研究で提案する積層技術は、高強度アルミニウム合金積層材の強度を鍛造品並みに向上させ、プロセスウインドウを広げるとともに、最適な積層条件範囲が決定できると期待している。また、その場微細鍛造技術の利用により、作動ガスの種類や圧力の要件を減らし、ノズル詰まりの可能性を低減するなど、実用化を容易にする。同時にエネルギーやコストを削減することからSDGsにも貢献することができる。

さらに、数値解析と実験を組み合わせた研究手法を用いてその場微細鍛造の強化機構と影響因子(塑性変形と結晶粒微細化)を明らかにすることで、積層条件と機械特性の定量的関係を導くことを目標にしている。

中国の3大学で学び大阪大学へ

王助教は中国・重慶市出身だ。2010年に重慶大学 工学部に入学して金属溶接の研究に関心を持ち、2014年に溶接分野で世界的に優れた研究実績のあるハルビン工業大学でさらに溶接科学を学んだ。修士2年を修了した2016年からは上海交通大学で研究を続けた。

2018年10月からは接合数理解析の研究で世界トップクラスと言われている大阪大学 接合科学研究所に留学し、材料強度研究分野における数理モデル、強度計測、延性破断に関するシミュレーションや、溶接加工分野の溶接力学、アーク溶接、スポット溶接、FSWプロセス、継手強度、応力測定、金属3次元積層製造などの研究プロジェクトにそれぞれ参加しながら、大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻に私費留学として入学し、2021年9月に学位を取得した。それと同時に接合科学研究所 接合構造化解析学分野の麻寧緒教授の研究室の助教となった。

麻教授は数理解析による材料強度や接合強度のシミュレーション研究の第一人者であるとともに、インクリメンタル成形加工技術をはじめとした塑性加工研究にも造詣がある。王助教も麻教授のもとで塑性加工から数理モデルの開発による材料強度の解析の研究に熱心に取り組んだ。

研究へのモチベーションが並外れて高い

麻教授は王助教について「王助教は一家の一人娘として家族や親族の支援を受け、研究者として成長してきた『期待の星』です。研究に対するモチベーションが非常に高く、学生たちをリードしています。自分の研究以外に学生の指導、研究室の雑務もこなして大変だと思いますが、とにかく研究熱心です」。

「高強度アルミニウム合金微粒子に熱処理を施し、積層造形性を改善することによって積層材の高強度化をはかるとともに、サイズが大きいセラミック粒子をショットピーニングするその場微細鍛造に適用するという王助教の着想はすばらしい」と高く評価している。

「これからも研究者として世の中に貢献できるような研究を続けていきたい」と王助教は語っている。

TiAl 基合金の高性能化、 生産性の向上に向けた研究

脱炭素社会実現にも貢献する

千葉大学大学院 工学研究院 融合理工学府
基幹工学専攻

山形 遼介 助教



千葉大学大学院の山形遼介助教

耐熱鋼の高温高強度化に向けた研究

千葉大学大学院 工学研究院 融合理工学府 基幹工学専攻 機械工学コースの山形遼介助教の研究テーマ「異相界面近傍の変形に着目したチタンアルミ基合金の加工硬化挙動に関する研究」が、天田財団の2022年度「奨励研究助成（若手研究者）」に塑性加工分野で採択された。

山形助教は2011年から東北大学 工学部 材料科学総合学科の丸山研究室で学び、2014年3月に同大学大学院環境科学研究科の新日鉄住金連携講座（当時）、長谷川研究室で博士前期課程を終えた。2017年3月に同大学大学院 工学研究科 知能デバイス材料科学専攻で博士後期課程を修了。「Al含有高Crフェライト系耐熱鋼の高温高強度化に向けたFe₂M型 Laves相金属間化合物の物理的・機械的性質の研究」で博士（工学）の学位を取得した。

TiAl 基合金研究は東工大在職中にはじまった

2017年4月～2023年3月は東京工業大学 物質理工学院材料系の竹山・小林（覚）研究室の特任助教を務め、「チタンアルミ基合金の高強度・高靱性化に向けた組織と特性の関係性解明についての研究」を行い、天田財団への研究助成を申請、東京工業大学在職中に採択された。

2023年4月からは千葉大学の助教に着任し、「チタンア

ルミ基合金の高強度・高靱性化に向けた組織と特性の関係性解明に関する研究」を引き続き行っている。

「金属工学を研究するなら実績が多い東北大学がふさわしいと考え、東北大学 工学部材料科学総合学科に入学しました。博士前期課程を修了したら民間企業に研究職として就職することも進路のひとつとして考えていましたが、前期課程が2年目に入り、就活で企業の人事担当者から話をうかがうと、企業が必要とする人材は『専門分野の研究者』というよりも、『ゼネラリストに近い人材』で私が考えていた研究職のイメージとは異なっていることがわかりました。それならば大学に残って研究を続けたいと思いました」。

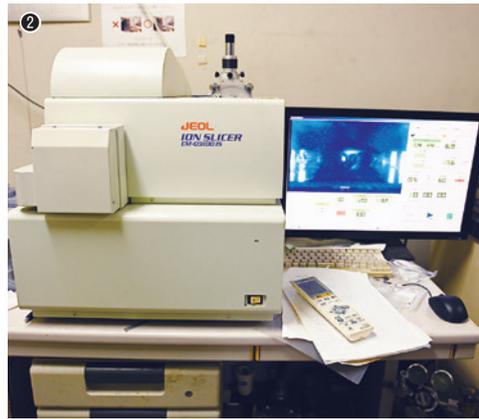
「火力発電所のボイラ用材料の研究を進めていくうちに、高温でも強度を失わない材料の研究に興味を持つようになり、『Al含有高Crフェライト系耐熱鋼の高温高強度化に向けた金属間化合物の物理的・機械的性質の研究』で博士後期課程を修了、博士（工学）の学位を取得しました」（山形助教）。

航空機用ジェットエンジンにも採用される TiAl基合金

2017年4月に東京工業大学 物質理工学院材料系の竹山・小林（覚）研究室の特任助教に採用されると、航空機用ジェットエンジンのタービンブレードに使われる「チタンアルミ基合金の高強度・高靱性化に向けた組織と特性の関係性解明についての研究」を行うようになった。

気候変動を引き起こす要因である温室効果ガスの削減を目指す一環として、航空機用のジェットエンジンを含む機体の軽量化と高出力化、すなわち推力/重量比の増加が必須であるとの認識から、現在ジェットエンジンに適用されているNi基合金の約半分の密度でありながら、優れた高温強度、耐酸化性を有するチタンアルミ（TiAl）基合金が、機体の軽量化に貢献すると考えた。

TiAl基合金は高負荷に耐えられることから高出力化にも寄与できるため、ジェットエンジンへの搭載が加速すると考えられている。日本でもJALが採用するボーイング787型機



①材料の物性値（引張強度、曲げ強度、圧縮強度など）をコンピュータ制御により自動的に測定する万能精密測定装置／②透過電子顕微鏡用の薄膜試料を簡便に作成できるイオンスライサー（日本電子製）／③電子プローブマイクロアナライザー

のエンジンなどに搭載され、燃料消費量、ノイズ、窒素酸化物排出量を低減するなど、優れた環境効果を挙げている。

SIPでも取り上げられるTiAl基合金

日本でも内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム」(SIP)で、「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」の一環として「高性能TiAl基合金動翼の粉末造形プロセス開発と基盤技術構築」というテーマで東京工業大学、大阪大学、民間企業が参加して研究が進められている。現在はSIPのテーマから外れたが、参加企業や大学で研究は続いており、山形助教も参画している。

この研究では世界に類のない強度と靱性を有する新規TiAl合金を粉末プロセスで製造することを目標としており、現在もTiAl合金の高性能化、生産性の向上に向けた研究を続けている。

しかし、本合金は一般的に硬くてもろいとされている金属間化合物を基とした材料であり、構造材料でありながら室温における延性はわずか1%にも満たない。この甚だしい延性の乏しさが本合金の加工性を著しく困難にしており、生産歩留りが低下、ほかの複雑形状部材への適用を阻害している。

データサイエンスを活用して組織制御を実行

山形助教は以前の研究で、データサイエンスによる知見に基づきTiAl基合金の基本組織である α_2 -Ti₃Al/ γ -TiAlラメラ組織の粒界を β -Ti/ γ 層状組織にて被覆することで、強度を低下させることなく、向上させたいうで、このTiAl基合金に1%以上の室温延性を付与することに成功した。この研究を遂行する中で山形助教は、延性の大小にかかわらず、TiAl基合金の塑性変形能は破断に至る手前ではなく、むしろ降伏後の塑性変形開始後わずか0～0.2%の領域における加工硬化挙動と密接な関係にある可能性を見出すことに成功した。

「本研究では、合金組成や熱処理条件ではなく、『組織

が特性を決める』という哲学に基づき、材料強度学、転位論に関する研究ではあるものの、平衡論・速度論などのデータサイエンスをベースとした組織制御を実行します。目的を果たすために最適な組織形態をみずから設計するという研究デザインは、本分野の研究では特徴的です」と山形助教は語っている。

研究の目的は3つ

本研究が目的とするのは以下の3点となっている。

1. TiAl基合金の β/γ 異相界面近傍における塑性変形挙動を精緻に調査し、加工硬化現象発現の機構を明らかにすること。
2. TiAl基合金の室温延性がなぜ、塑性変形領域における破断に至るまでの大部分ではなく、塑性変形開始直後のわずかな領域における加工硬化現象によって決定されるのか、そのメカニズムを明らかにし、さらなる高延性化に向けた指針を提案すること。
3. 上記の加工硬化現象と延性の特異な関係性の解明を通じて、複相材料における加工硬化現象の基礎学理を構築すること。

4名のスタッフで16名の院生、学生指導

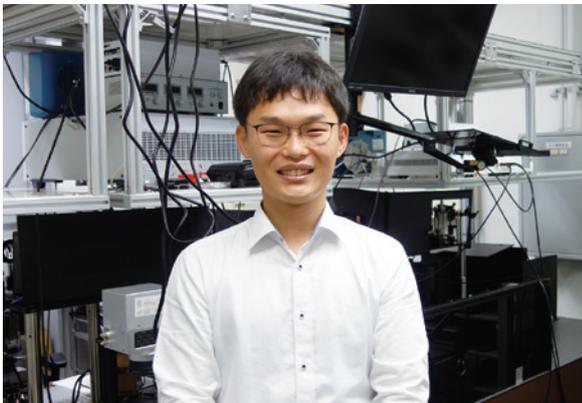
山形助教が所属する千葉大学大学院 融合理工学府の糸井研究室は糸井貴臣教授、山形助教、民間企業から招いた客員教授1名、技術職員1名の4名で、社会人博士課程の4年生1名、博士前期課程の院生9名、学部4年生6名の合わせて16名の学生の研究指導、教育を行っている。2023年4月に赴任した山形助教も現在は博士前期課程の院生1名、学部生1名の指導に携わるほか、研究室の運営などの業務もあり、自身の研究に費やせる時間が制限されている。しかし、院生・学生の教育指導の一環として、自身の研究の実験などを行う機会もあり、赴任して間もない大学の環境に慣れる意味でも日々忙しく教育・研究にまい進している。

エネルギー自立型センシングデバイスの 開発に貢献

チャンスがあればチャレンジする気持ちが大切

東京大学 生産技術研究所

キム・ビョンギ (Byunggi KIM) 特任助教



東京大学生産技術研究所のキム・ビョンギ特任助教

大学から日本でレーザーによる微細加工を研究

東京大学 生産技術研究所 情報・エレクトロニクス系部門のキム・ビョンギ (Byunggi KIM) 特任助教の研究テーマ「フェムト秒レーザー誘起表面周期構造を用いた薄膜熱伝導制御技術の創成」が、天田財団の2022年度「奨励研究助成(若手研究者)」にレーザープロセッシング分野で採択された。

キム助教は2009年に国費留学生として東京工業大学工学部に入学。2013年4月から同大学大学院の伏信一慶教授のもとでナノ秒レーザーを使った加工の研究を行う中で博士前期課程、博士後期課程を経て、2017年に博士(工学)となった。その後いったんは帰国し、2017年5月から2021年9月までの約4年間は韓国科学技術院(KAIST)機械技術研究所の博士研究員として、フェムト秒レーザーなどの短パルスレーザーを活用した微細加工の研究を行った。2021年10月からは再度来日し、現職である東京大学 生産技術研究所の特任助教に就任した。

国際的に活躍できる研究者を目指す

「光と材料の相互作用に関する物理に興味を持ち、10年ちかくナノ秒レーザー、フェムト秒レーザーなどを用いて微細加工、精密計測、非線形光学現象に関する研究を行ってき

ました。大学の研究者は基礎となる物理を探求しつつ、新たな知見を生み出すことでイノベーションに寄与することが任務であると考えてきました。研究設備が充実している東京大学 生産技術研究所で研究をしてみたかったので、特任助教の公募を知りすぐに応募しました。学生の教育指導や、研究室の設備管理の補助などマネジメント的な仕事に関わりながら、自分の研究にも取り組むことができるので、充実した研究生生活を送っています」。

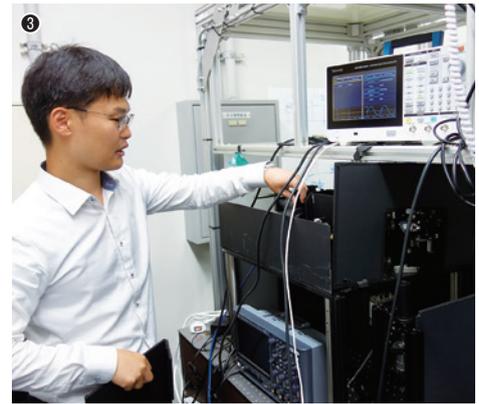
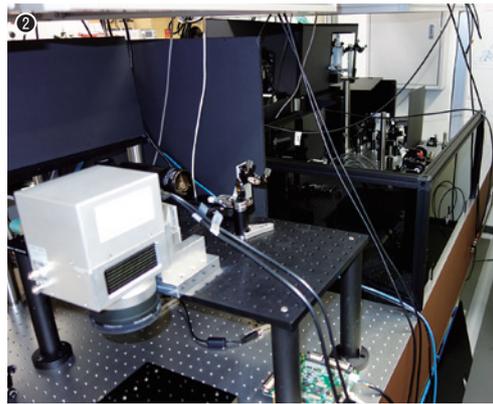
「レーザ加工現象に関する研究で東京工業大学の学位を取得したあとは、KAISTでフェムト秒レーザーの技術を学びました。東京大学ではナノ構造における光とフォノンの物理に関する研究まで拡張し、視野を広げて研究を深めることを心がけています」。

「さまざまな光・電子デバイスにおける放熱問題やシステム内の熱エネルギーの有効利用、熱電環境発電への期待から、高度な熱マネジメント技術への関心が高まっています。所属する野村政宏教授の研究室ではそうした時代のニーズに対応し、光学実験、解析、デバイス作製を一貫して実行できる研究者になることを目指しています。将来的にはフォトニクスとフォノニクス分野をリードし、国際的に活躍できる研究者になりたいと思っています」(キム特任助教)。

フォノンエンジニアリングを活用

固体中の熱伝導を担うフォノンは、その強い拡散的性質から制御が難しいため、固体熱制御技術は光および電子制御技術と比べて発展の余地が多く残されている。近年、ナノ構造を利用することで本来は材料由来である熱伝導率の人工的制御や熱流制御が可能になっており、フォノンエンジニアリングというナノスケール特有の熱輸送特性を探求し、その知見を活用した新しい熱制御技術の開発もはじまっている。

野村研究室では科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業や未来社会創造事業による産学連携により、高効率なシリコン熱電発電デバイスと熱電環境発電を利用した、エネルギー自立型センシングデバイスの開発など、エネ



①フェムト秒レーザー誘起表面周期構造を加工するヘッド部／②出力3Wのフェムト秒レーザー発振器を組み込んだ実験装置（発振器はメンテナンスのため取り外されている）／③実験装置について説明するキム特任助教

ルギー持続社会と超スマート社会への貢献を目指した研究を行っている。そしてこれから発展が見込まれる量子デバイスにおいて、演算を担う固体量子系と通信を担う光のインターフェースとなるフォノン系の開発にも取り組んでいる。

キム特任助教は半導体などの固体表面に生成される光の波長より小さい周期ナノ構造（LIPSS）に着目した。フェムト秒レーザーで表面電磁波を生成することで、光の波長以下の周期構造体LIPSSをmm/sオーダー以上の高速で形成する。また、熱フォノンの平均自由行程より小さいナノ構造体は熱エネルギー輸送に関与するため、薄膜の熱伝導の制御に適用性が高い。

しかし、これまでLIPSSを薄膜デバイスの熱伝導制御に利用した例はなく、熱物性の評価法も確立していない。ナノスケールを有する半導体薄膜デバイスの作製技術を開発し、熱伝導の異方性を究明することで、指向的な熱伝導制御技術の創成に挑戦し、半導体熱制御に資する高速ナノ構造加工技術を確立。半導体サーマルマネジメントとマイクロ熱デバイスなどの応用分野に寄与することを目指す。

環境発電デバイスの開発にも挑戦

キム特任助教は本研究の特色として3点を挙げている。

1. 高度なフェムト秒レーザー加工、計測技術を用いたフォノンエンジニアリング

フェムト秒レーザー加工、微小な電気機械システム（MEMS）、レーザー計測を統合し、新機能を有するデバイスの作製および評価法の提案に挑む。将来的にはレーザー誘起ドーピングなどの高度なプロセス、独自の超高速サーモフレクタンクス法の導入まで検討する。そのことにより、フェムト秒レーザーをフォノンエンジニアリングに応用する新展開につなげることができると期待される。

2. 複合ナノ構造におけるフォノン輸送の基盤技術確立

LIPSSを用いた熱伝導制御は、世界的にも未開拓な技術であり、加工・計測などの実験的な部分および解析手法の両面で多くの試行錯誤が予想される。特に多層ナノ構造におけるフォノンと電子の輸送現象は拡散・弾

道的輸送・干渉などが複合的に現れるため、その理論解析が非常に困難になると予想される。本研究の遂行により、多層ナノ構造体の熱と電気の輸送制御に関する学術的な基礎を構築することに挑戦する。

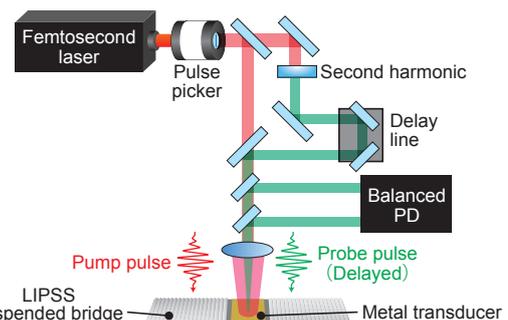
3. カーボンニュートラル社会に向けた新機能環境発電デバイスの開発に挑戦

フォノン制御技術の具体的な応用として、環境発電デバイスの高度化に挑戦する。フォノンと電子の輸送を操ることにより新たな機能性を持つナノ構造を導入し、カーボンニュートラル社会に寄与可能な環境発電デバイスの開発を試みる。

「チャレンジすることが大切」

キム特任助教は若手研究者として「チャレンジすることが大切」と語っている。

「『研究のための研究』ではなく、社会実装されるような『世の中に貢献できる研究』をしていきたい。成果を生み出すためにもチャンスがあればチャレンジしていきたいと考えています。高校を卒業して日本で学んだのも、特任助教の応募にチャレンジしたのも、チャンスだと思ったからです。将来的に韓国へ戻るのか日本で研究を続けるのかは、まだわかりませんが、その気持ちは変わりません。そして、日韓友好の懸け橋にもなりたいと思います」（キム特任助教）。



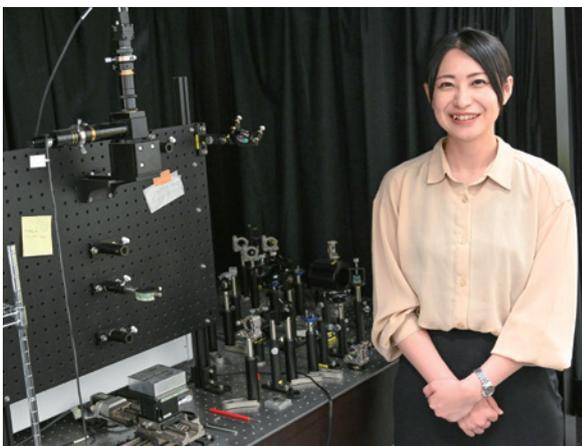
フェムト秒サーモフレクタンクス法を用いたLIPSSの熱拡散率の時分解計測実験系

微細構造の調整により、アモルファス合金の加工性を大幅に向上

女性の視点で「新しいものづくり」を考える

東北大学大学院 工学研究科
ファインメカニクス専攻

久慈 千栄子 助教



東北大学大学院 工学研究科の久慈千栄子助教

社会人ドクターで学位を取得

東北大学大学院 工学研究科 ファインメカニクス専攻の久慈千栄子助教の研究テーマ「水中レーザー加工によるハイブリッドテクスチャリング技術の探求」が、天田財団の2022年度「奨励研究助成（若手研究者）」にレーザープロセッシング分野で採択された。

久慈助教は2016年3月に東北大学大学院 工学研究科 機械システムデザイン専攻で博士前期課程を修了。2016年4月からは富士フィルム(株) R&D 統括本部生産技術センターで関連工場の工程改善業務などを行った。次第により多くのものづくり現場に寄り添った研究開発に従事したいという気持ちが強くなり、2018年9月に出身地の岩手県にUターン。いわて産業振興センターに転職し、2019年4月からは東北大学大学院 工学研究科 機械機能創成専攻の博士後期課程に社会人ドクターとして進学、研究支援員として地域貢献のための研究にも取り組んだ。2022年3月に博士後期課程を修了して学位を取得、同年4月に同工学研究科 ファインメカニクス専攻の助教となった。

アモルファス合金の加工性を改善させる研究

久慈助教の研究分野のキーワードは、アモルファス合金、

超短パルスレーザー、機械加工、微細構造/組織制御、表面テクスチャリングなどとなっている。

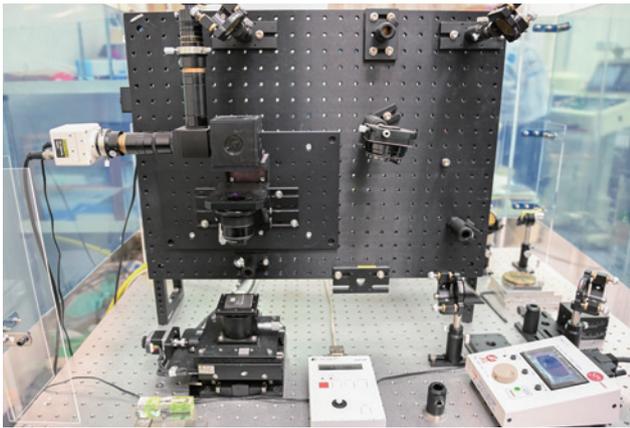
「『アモルファス合金』は結晶構造を持たない特殊な合金材料で、その構造に起因して優れた軟磁性を示します。一方、強度や靱性が高いといった機械的特性も有しているため、難加工材料として知られています。このアモルファス合金に対して熱処理を行い、微細構造を変えることによって難加工の原因である機械的特性も変化させることができます。そこで熱処理によって変化する微細構造と機械的特性の関係性、さらには加工品質の向上と加工抵抗の低減を実現する最適構造および加工条件の調査を行っています」。

「調査を通じて、アモルファス合金中にわずかに結晶が析出している『中途半端な微細構造』の状態で、加工性が大幅に向上することがわかりました。一方、この構造変化の様子は合金の組成によって大幅に異なります。現在は微細構造の制御による加工性の向上が、どのような組成のアモルファス合金にも適用できるのかを明らかにするため、基礎研究を進めています」（久慈助教）。

超短パルスレーザーの新たな活用方法を発見

今回、採択された研究テーマ「水中レーザー加工によるハイブリッドテクスチャリング技術の探求」は、こうした研究課題から派生した研究のひとつだ。

「アモルファス合金全体の構造を熱により変化させてしまうと、製品性能に必要な軟磁性も低下させてしまいます。そのため、加工によって切断されるわずか数マイクロメートルの領域だけをうまく熱処理する必要があります。そこで私は従来『非熱加工』に用いられていた超短パルスレーザーに着目しました。超短パルスレーザーを用いた実験中に、ある照射条件を調整すると非熱加工用のレーザーであるにもかかわらず、アモルファス合金が結晶化するほどの『熱加工』が行えることがわかりました。このレーザーはもともと非熱加工に用いられるものなので、熱の拡散範囲もマイクロメートルオーダーで制御できるのです。この発見によって、アモルファス合金の局所領域の熱処理が可能となりました」（久慈助教）。



レーザ加工装置



各種実験装置や測定機器

表面テクスチャリングを活用

「一般的に超短パルスレーザを用いると、レーザを照射した材料表面にはレーザに誘起され自己組織的に創生される『微細周期構造』(LIPSS)が形成されます。この形状を活用した表面テクスチャリングによって、材料に対して新たな機能を付与する研究——たとえば、耐摩耗性や生体親和性の向上を目指すものなどが進められています」。

「いわて産業振興センターに在籍していた当時、研究支援活動の一環としてシーズ発信型の共同研究に取り組みました。その中で、東北地域の公設試験研究機関や企業様と協力し、温度によって放熱性が変わる新たな機能性表面の創成に取り組みました。この研究開発では材料表面からの放熱、つまりは電磁波の放出であることに着目しました。表面から放出される電磁波の波長は、プランクの法則に依存して変化するので、特定の温度では特定波長の電磁波が放出されやすくなります。逆転の発想で、特定波長の電磁波が放出しやすい表面をつくれれば、所望の温度で放熱性が向上する温度感受性の高い表面が創成できるのではないかと考えました」。

「そこで、電磁波と同じく波としての性質を持つ『光』の制御方法の回折格子を参考に表面形状を設計しました。まず、精密切削で電磁波波長と同程度の周期のV溝構造をつくり、そのうえに超短パルスレーザでLIPSSを形成していきまし。前者の構造はブレード回折格子、後者はホログラフィック回折格子を模倣したものです。この構造によって、特定の温度で放熱性能が向上する『機能性放熱表面』が実現しました。この研究成果から、異なる構造の組み合わせによって、まったく新しい機能を発現させることができるのではないかと考えるようになりました」(久慈助教)。

ハイブリッドテクスチャリング技術の探求

「超短パルスレーザの熱加工条件で材料を加工すると、LIPSSが徐々に変形し、酸化被膜をまとった特殊な凹凸構造へと成長することを発見しました。ためにこの構造の分光放射率と放熱効率を評価したところ、すべての波長域で

放射率が劇的に上昇し、放熱効率は非加工材の2.5倍となりました。同様の非加工状態の材料表面に酸化被膜処理を行った場合ではこまでの放熱性能の向上は生じなかったため、酸化被膜と微細構造によって相乗効果が生じたことは明らかです」。

「そこで、酸化被膜(酸化現象)は、環境要因(水、大気、pH、温度など)に依存して形成されることに着目しました。水中に設置したチタンに対して試験的にレーザ照射を行ったところ、レーザ照射領域の外周部に広く酸化被膜が形成されました。水中へのレーザ照射はサブクール沸騰によりバブルを生じさせ、バブル崩壊の際にはラジカルが発生します。ラジカルは酸化を促進する効果があることから、水中でのバブル崩壊によるラジカルの発生と金属表面の酸化反応を制御できれば、さまざまな金属材料に対して組成比の異なる多様な酸化被膜を形成できると考えました」(久慈助教)。

本研究では久慈助教の専門分野であるレーザ加工による微細構造の創生に加え、材料学的視点から金属の酸化現象を制御する、水中レーザ加工を用いた微細構造と酸化被膜のハイブリッドテクスチャリング技術を探求し、従来の表面加工では見受けられない新たな相乗効果による機能創生を目指すものとなっている。

女性の視点から「新しいものづくりを考えていきたい」という久慈助教のこれからの期待したい。



実験装置について説明をする久慈助教

「マルチマテリアル化」に不可欠な 接着・接合技術の開発

国家公務員の職を経て研究者を目指す

産業技術総合研究所
4Dビジュアルセンシング研究チーム

鈴木 大地 主任研究員



産業技術総合研究所の鈴木大地主任研究員

国家公務員から研究者へ転身

産業技術総合研究所 センシングシステム研究センター 4Dビジュアルセンシング研究チームの鈴木大地主任研究員の研究テーマ「ナノ秒パルスを利用した金属表面熱変性による接着強度増加」が、天田財団の2022年度「奨励研究助成（若手研究者）」にレーザープロセッシング分野で採択された。

鈴木主任研究員は2011年3月に東京工業大学 工学部 電気電子工学科を、2013年3月に同大学大学院 理工学研究科電子物理工学専攻で修士課程を修了。その後、国家公務員総合職として国土交通省 大臣官房技術調査課 電気通信室に入省、2014年4月から2015年3月までは総務省 総合通信基盤局電波部移動通信課 新世代移動通信システム推進室に出向し、自動運転実用化に対応した業務などを担当した。

2015年4月には東京工業大学大学院 理工学研究科 電子物理工学専攻の博士課程に入学。2016年4月から2年間は日本学術振興会の「特別研究員」に採用され、支援を受けながら研究を行い、2018年3月には博士（工学）の学位を取得した。同年4月からは理化学研究所 創発物性科学研究センター量子効果デバイス研究チームの基礎科学特別研究員として3年間を過ごした。

理化学研究所を経て産総研に入所

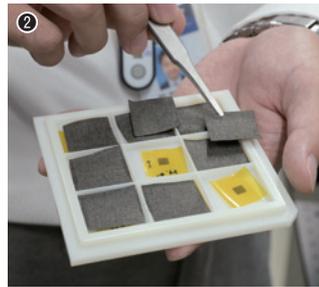
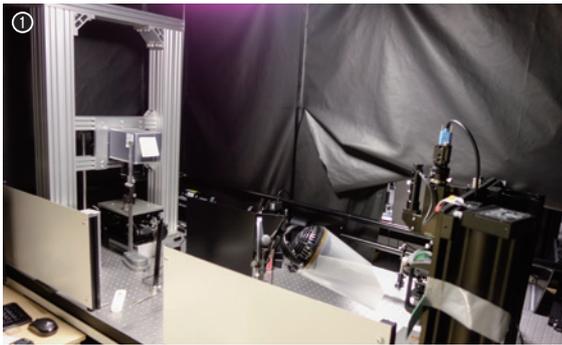
「理化学研究所の基礎科学特別研究員制度は『科学技術のさらなる発展のために、創造的・基礎的な研究の推進が期待される、発想の自由な若手研究者に活躍の場を提供すること』を目的としており、創造性・独創性に富む若手研究者が自由な発想で主体的に研究できる場を提供する制度です。3年間という任期付きではありますが、外部資金で雇用される一般的なポストドクとはちがいで、予算に紐づいた研究テーマではなく独自の研究テーマを設定して取り組むことができます。研究者の自由な発想で主体的に研究ができるほか、自身の裁量で使える年間研究費も支給されるため大変良い環境で研究に専念することができました」（鈴木主任研究員）。

そして、2021年4月からは産業技術総合研究所（産総研）センシングシステム研究センター 4Dビジュアルセンシング研究チームの研究員として研究を実施。2023年10月から同研究チームの主任研究員として活動している。

4Dビジュアルセンシング研究チームに配属

「研究一筋でやりたかったので研究機関の研究員を志望していました。中でも産総研への入所を希望していて、テニュアトラック型研究員（現・パーマナント型研究員）の公募に応募して採用が決まりました。私は出身が埼玉で、大学が東京、公務員時代は東京、理研の研究所は埼玉と、これまで首都圏から出たことがありませんでした。てっきり産総研でも茨城での勤務になると思っていたのですが採用面接で、勤務地は佐賀県鳥栖市にある産総研九州センターになると伝えられ、新天地である九州に来ました」。

「私が所属するセンシングシステム研究センターは、健康で豊かな暮らしに貢献する高性能なセンシングシステムと、センシング基盤技術の開発に携わる12の研究チームから構成され、そのうち5つの研究チームが九州センターに拠点を置いています。研究チームのほか、九州センターには極小規模で半導体製造工場を形成し、少量の半導体チップを低コストかつ短期間で製造可能にする半導体製造システ



①パルスレーザー、ガルバノミラーなどを組み合わせた独自のレーザー加工系／②パルスレーザーを使い作製されたTHz光学素子／③独自に作成したTHz帯撮像素子

ムである『ミニマルIoTデバイス実証ラボ』が設置されるなど、世界をリードするスマート製造計測技術の研究開発と、日本の産業競争力の強化に貢献しています」。

「4Dビジュアルセンシング研究チームにはチーム長を含めて6名の研究員が所属しています。現在は日本が進めるグリーン成長戦略、国土強靱化プロジェクト、先端半導体製造技術開発事業などで求められている“可視化”による評価・設計・予測の革新に対応して『潜傷』『破壊挙動』『機械的挙動』『品質予測』など見えないものを“見える化”するセンシング技術の開発に取り組んでいます。開発したセンシング技術により半導体製造事業における『自動判断』『測れない場所の可視化』『予測・知覚共有』に貢献することを目指しています」（鈴木主任研究員）。

接着・接合の強度を上げる技術の研究

今回、採択された研究テーマは「ナノ秒パルスを利用した金属表面熱変性による接着強度増加」となっている。

「2021年に脱炭素化に向けた国家戦略として『2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略』が策定されました。このうち、マテリアル——特に金属素材においてはマルチマテリアル化に不可欠な接着・接合技術の開発が重点課題のひとつとして明記されており、接着の強度や寿命、耐環境性を向上させる技術の開発が産官学において取り組まれています。接着・接合の強度を上げる技術としては、プラズマによる金属表面親水化や、極短パルスレーザーによるグリッド構造加工で接着強度を増加させる技術が報告されており、レーザープロセッシングによる金属表面処理は革新的な金属素材を産み出す強力な技術であると考えられます」。

「本研究では低出力ナノ秒パルスレーザーを利用した接着・接合技術の開発に挑戦します。ナノ秒パルスレーザーはフェムト秒パルスレーザーと比べて、コスト面で技術導入が容易なうえ、熱変性を利用したナノ～マイクロサイズの隆起構造を形成することができます。微細加工用途では避けるべきこの熱影響領域こそが接着・接合にとって重要であり、微細隆起構造に接着剤が入り込んだ際のアンカー効果で高い接着強度を実現することが可能になります」。

「本研究ではナノ秒パルスレーザーによる集光光学系・ス

キャン光学系を構築し、アルミ板の表面熱変性加工に挑戦します。事前検討の結果、微細隆起構造はフルエンスが低くても高くてもできず（低いと熱変性が発生せず、高いと完全に溶解して滑らかになるかポロボロの脆い構造になる）、フルエンスが同じであってもスポット径・オーバーラップ率によりまったく異なる隆起構造になることがわかりました」。

「そこで、構造材料として使用されているアルミ板に対して微細隆起構造を形成する加工条件を明らかにするとともに、隆起構造が接着・接合に与える影響の解明、および強度増加を試みます。研究成果は船舶・自動車・航空宇宙機器における接着強度増加に直結する技術であり、コストパフォーマンスの高いナノ秒パルスレーザーの技術導入・普及展開を強く推進することが期待されます」（鈴木主任研究員）。

ナノ秒パルスレーザーの技術導入・普及展開

「本研究の特色は、レーザープロセッシング技術の導入推進を目的とし、安価な低出力ナノ秒パルスレーザーによる応用実証を含めた研究開発に取り組む点にあります。『レーザーアブレーション』は、レーザーになじみのない他領域の研究者からは数千万円もする高価な装置や特殊な技術が必要で、ハードルが高いと思われがちです。しかし、実際には100万円前後の安価な低出力ナノ秒パルスレーザーでもリソグラフィやインクジェットといったほかの加工手法ではできない微細光加工を行うことが可能で、多くの研究成果につなげることができます」。

「若手研究者が技術導入を検討するうえで『100万円』という科研費（若手研究）や民間助成金などで調達できる価格帯であることはたいへん重要です。低出力ナノ秒パルスレーザーで有力な実用例を示すことができれば、幅広い研究領域の若手研究者のレーザープロセッシング技術の導入につながる——その結果、技術の相互交流により互いの研究領域が活性化されると考えています。このような考えから本研究ではナノ秒パルスレーザーの特徴である熱影響領域を生かした表面加工および産業的な有用性を示す応用実証に挑戦することで、より多くの人々がレーザープロセッシング技術を知る・触れる・使うきっかけになることを目指しています」（鈴木主任研究員）。

技能検定「レーザー加工作業」に18名が挑戦 天田財団の受検手数料助成を活用

ツツミ産業 株式会社



技能検定「非接触除去加工（レーザー加工作業）」を受検したツツミ産業㈱の堤健登社長（前列中央）とレーザー加工グループのメンバー 17名

技能検定に「レーザー加工作業」が追加

厚生労働省は2022年3月、近年の産業技術の動向などを踏まえて職業能力開発促進法施行規則の一部を改正、「技能検定」の職種・作業・試験内容を見直した。これにより従来の職種名「放電加工」が「非接触除去加工」に変更され、1級・2級の試験科目に「レーザー加工作業」が追加された。

技能検定制度は「働く人々の有する技能を一定の基準により検定し、国として証明する国家検定制度」。労働者の技能と地位の向上を目的としており、職業能力開発促進法に基づいて1959年から実施されている。

こうした動きを受け、天田財団は2023年度の資格取得支援事業の対象に「非接触除去加工（レーザー加工作業）」を追加。これにより「工場板金」「金属プレス加工」「レーザー加工作業」に対して受検手数料の助成を行い、受検者の費用面での負担軽減をはかる。

18名のエキスパートが技能検定に挑戦

天田財団の「資格取得助成」で1アカウントの最大申請数である10名の申請を行ったのが、神奈川県相模原市にあるツツミ産業㈱だ。同社は電気機器や自動車関連部品、OA機器など、精度が必要とされる製品の試作に特化することで培った高い技術力で、多くの得意先から「無審査認定工場」としての評価を得ている。

その同社が特に力を入れてきたのがレーザー加工だ。精密板金業界の中でも早い段階からレーザー加工の優位性に着目し、必要に応じてマシンの改良・改善を行いながら独

自の加工技術を確認。同時にそれを扱う人材の育成にも注力してきた。今では作業員全員がプログラム作成からオペレーション、製品に応じた加工条件の設定、マシンのメンテナンスまで対応できるプロフェッショナルとなっている。

同社は今回、レーザー加工グループのメンバー17名と堤健登社長の計18名が初めて実施される「レーザー加工作業」を受検。実技試験を終え、学科試験に備える同社を訪ね、話を聞いた。

多様な試作品への対応で培った高い技術力

ツツミ産業は1965年創業以来、58年間、精密板金加工品の試作に取り組んできた。試作にはスピードが求められる。同社は他社では技術的に対応が難しい高度な試作品を最短3日でデリバリーすることに挑戦し、実現させてきた。そのため設計から加工、溶接・組立、検査までをワンストップで行える製造体制を構築している。

中でも同社にとってコア技術となるのがレーザー加工である。1980年代にアマダの量産1号機となるレーザーマシンが発売されるとすぐに導入。当時はレーザーの切断面品質が低く、酸化被膜が発生するなどの課題もあったが、堤健児会長はこれからの時代には必ず必要な技術であると確信し、レーザーマシンを導入。それから40年以上にわたり、レーザー加工技術のイノベーションに取り組んできた。

1980年代後半には積層金型の製作技術を確認した。レーザー加工のノウハウを採り込むことで、成形の際にひずみが発生しない加工を実現。当時は板金加工企業による金型製作は珍しく、通常金型よりも安価で製作できることから話題を呼び、試作の仕事が急増した。時代の変化により要求精度がきびしくなってくると、アマダと協力して3次元プローブ付きレーザーマシンLCF-1212 3Dを開発、特殊加工に対応した。また、鋳物ベッドを採用したレーザーマシンLM-505に改良を加えることで、薄物や小物などの微細加工に対応していった。

同社は治具から周辺装置まで含めた改造を加えることで、加工機と一体になった加工技術を開発——それが同社独自の加工ノウハウにもつながっている。

加工難易度の高い特殊材料にも対応

2016年からは航空宇宙産業・自動車産業を中心にニー



①治具から周辺装置まで含めた独自の改造を加えることで、加工機と一体になった加工技術を開発している／②耐圧限界試験を行った6-4チタン製やTP270製のタンク／③±0.05mmの精度が求められるOA機器部品の加工サンプル

ズが高まっている軽量化と高強度化に対応するため、ファイバーレーザーマシンを導入。6-4チタンやマグネシウム合金など難加工材の加工にも挑戦している。金型を使用しない冷間・温間・熱間成形の工法を自社開発し、加熱による反りやねじれが少なく、かつ速く正確に加工できる技術を実現した。2022年にはファイバーレーザー溶接システムを導入、溶接分野にもレーザー加工技術を適用した。

2016年には培ってきたレーザー加工技術を活用して、マグネシウム合金製アタッチケースを製作し三越伊勢丹より発表。2020年には神奈川県航空宇宙構造研究室・高野敦教授らとともにハイブリッドロケットの酸化剤タンクを製作。2022年10月には秋田県能代市の海岸からハイブリッドロケットを打ち上げた。現在は6-4チタン製高圧タンクの実用化に目途をつけ、認可取得のための申請書類を作成している。

人材育成には「エキスパートシステム」を採用

同社では「多能工では深い技術を追求できない」との考えから、人材育成に「エキスパートシステム」を採用している。これは「10年かけて10年経験技術者を1人育てる」のではなく、10年経験技術者の仕事を10に分け、各々の技術を10人に1年間でマスターさせる——「10年経験技術者分の知識をもった人を1年間で育てる」方法だ。各自の専門分野に特化・集中させることで各分野におけるプロフェッショナルを育てている。

レーザー加工グループのメンバー17名は3次元CAD/CAMを活用したプログラム作成から、オペレーション、製品に応じた加工条件の設定、マシンのメンテナンスに至るまでレーザー加工に関する業務は容易に対応できる。まさにレーザー加工の「プロフェッショナル集団」となっている。

日本のものづくり発展に寄与することを期待

技能検定に「レーザー加工作業」が新設されることが決まると、同社はすぐに受検することを決断した。今回受検し

たのは60代から20代前半までのレーザー加工グループのメンバーと堤社長の計18名。このうち1級受検者は16名、2級は2名となっている。

堤社長は「レーザー加工作業」について「せっかくレーザーが普及しても『ものさし』となる基準がなければ技術の明確な線引きができません。『数値制御タレットパンチプレス板金作業』や『機械板金作業』はあるのになぜレーザー加工作業はないのかずっと疑問でした。そのため今回は試験が行われることを知り、すぐに受検を決断しました」。

「とはいえ、社員たちだけに押し付けるわけにはいきません。私みずから受検することで社員たちも『社長には負けれない』と意気込んでいます。定時後にはよりきれいに切るにはどうすべきか、情報交換しながら自主的に訓練していました。実技に関しては慌てず自分たちの力を出せば大丈夫だろうと思っています。ただ学科試験は新設なので出題傾向がわかりません。これまでのレーザー加工の歴史を簡単に説明し、会社で書籍を購入して各自にわたしました。また、受検に際しては天田財団の資格取得助成を使わせてもらいました」。

「『レーザー加工作業』は日本の製造業の発展に寄与する資格のひとつだと考えています。技能検定のような試験があることによって、これまでは自分が担当している作業しかわからなかった作業も、作業範囲や加工精度についての視野が広がる。『レーザー加工作業』が基準としてうまく機能できれば、今後の日本のものづくり、レーザー加工の発展につながるのではないかと期待しています」と語っている。

会社情報

会社名	ツツミ産業 株式会社
代表取締役	堤 健登
所在地	神奈川県相模原市緑区橋本台2-5-30
電話	0427-71-0380
従業員数	60名
URL	https://www.tsutsumi-s.co.jp/

2023年度前期助成先が決定

採択された助成総数は106件、助成総額は2億6,056万円

「重点研究開発助成（課題研究）」には 3件が選定

天田財団は、**2023年度前期の助成先を決定**した。今回の**助成総数は106件、助成総額は2億6,056万円**。内訳は塑性加工分野やレーザプロセッシング分野に必要な技術の研究・調査に対する「**研究開発助成**」が**86件・2億4,969万円**、それらの研究成果等の普及啓発に対して行われる「**国際交流助成**」は**20件・1,086万円**となった。

「研究開発助成」の内訳については、財団が掲げる課題からテーマを選んで取り組む「**重点研究開発助成（課題研究）**」は3件・3,000万円（**詳細は下表を参照**）、基礎的・試験的・実用的な観点から進展が期待される「**一般研究開発助成**」は64件・1億8,177万円、若手研究者の育成や挑戦を支援する「**奨励研究助成（若手研究者）**」は19件・3,792万円となっている。これにより1987年の財団創立から36年間の累計助成件数は2,214件、累計助成総額は39億7,607万円となった。

今回決定した「研究開発助成」「国際交流助成」の助成先研究者に対して、2023年11月25日(土)にAMADA FORUM（神奈川県伊勢原市）で、助成金目録を贈呈する「天田財団助成式典」を開催する。

「資格取得助成」に「レーザー加工作業」が追加

また「資格取得助成」（技能検定受検手数料助成）の**助成人数は80名（25団体）、助成総額は156.2万円**で、内訳は「**金属プレス加工**」が**61名（18団体）・116.7万円**、「**レーザー加工作業**」が**19名（7団体）・39.5万円**となっている。これにより2019年からの累計助成数は1,570名（515団体：1,567名、個人：3名）、助成総額は2,589.3万円となった。

技能検定制度は「働く人々の有する技能を一定の基準により検定し、国として証明する国家検定制度」。労働者の技能と地位の向上を目的としており、職業能力開発促進法に基づいて1959年から実施されている。2022年3月に実施された職業能力開発促進法施行規則の一部改正により、従来の職種名「放電加工」が「非接触除去加工」に変更され、1級・2級の試験科目に「レーザー加工作業」が追加された。

天田財団では2019年から、金属等の加工業に従事する人材の育成と技能向上に有益な技能検定の受検にかかる手数料を助成する「資格取得助成」を公益目的事業に加えた。また、2023年度の募集からはこうした時流も踏まえて、資格取得支援事業の対象に「非接触除去加工（レー

2023年度前期助成事業「重点研究開発助成（課題研究）」の採択一覧

●研究開発助成

重点研究開発助成 課題研究 <塑性加工>

計2件 2,000万円

所属機関名	役職	研究者	研究題目	助成金額(万円)	
成蹊大学	理工学部 理工学科 機械システム専攻	教授	酒井 孝	金属3Dプリンタで造形した鍛造用金型の特性評価	1,000
大阪工業大学	工学部	講師	横山 奨	サーボプレスを用いた微細中空構造の量産を実現する精密拡散接合技術の開発	1,000

重点研究開発助成 課題研究 <レーザプロセッシング>

計1件 1,000万円

所属機関名	役職	研究者	研究題目	助成金額(万円)	
京都大学 大学院	工学研究科 材料化学専攻	准教授	下間 靖彦	次世代パワー半導体結晶基板の高効率レーザスライシングに関する研究	1,000

ザー加工作業)」を追加。これにより天田財団では「工場板金」(4作業+特級)、「金属プレス加工」(1作業+特級)、「非接触除去加工(レーザー加工作業)」(1作業)に対して受検手数料の助成を行い、受検者の費用負担軽減をはかっている。

天田財団では10月1日から募集を開始した後期助成では「国際交流助成」の追加募集のほか、2023年度後期・

技能検定「工場板金」および「金属プレス加工」の受検手数料を助成する「資格取得助成」の募集を行っている。

「資格取得助成」の申請には、技能検定受検申請書・受検票・受検手数料領収書等のコピーが必要となる。募集詳細については天田財団のWebサイト(<https://www.amada-f.or.jp/>)を確認のこと。

2023年度前期助成事業の内訳・助成実績

●研究開発助成 内訳

助成プログラム名称	分野	件数	合計
重点研究開発助成課題研究	塑性加工	2件	2,000万円
	レーザープロセッシング	1件	1,000万円
一般研究開発助成	塑性加工	34件	9,437万円
	レーザープロセッシング	30件	8,740万円
奨励研究助成(若手研究者)	塑性加工	11件	2,192万円
	レーザープロセッシング	8件	1,600万円
計		86件	2億4,969万円

●国際交流助成 内訳

助成プログラム名称	分野	件数	合計
国際会議等準備及び開催助成	レーザープロセッシング	3件	300万円
国際会議等参加助成	塑性加工	9件	446万円
	レーザープロセッシング	4件	175万円
国際会議等参加助成(若手研究者)	塑性加工	1件	45万円
	レーザープロセッシング	3件	120万円
計		20件	1,086万円

●技能検定受検手数料 助成実績

職種名	作業名	等級	助成者数	助成金額
金属プレス加工	金属プレス作業	1級	9名	36.8万円
		2級	52名	79.9万円
非接触除去加工	レーザー加工作業	1級	17名	36.2万円
		2級	2名	3.3万円
計			80名	156.2万円

光石衛評議員が日本学術会議の新会長に就任

10月2日に開催された日本学術会議の総会で、当財団で評議員を務める東京大学・光石衛名誉教授が日本学術会議の新会長に選出された。今回の選出は梶田隆章前会長の任期満了にともなうもので、任期は2026年9月末までとなる。

光石評議員は東京大学大学院工学系研究科を修了

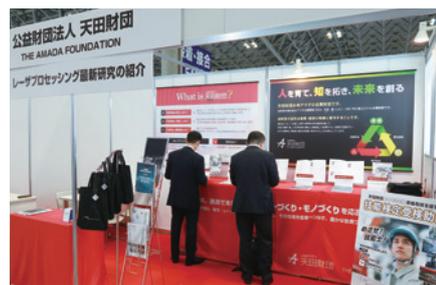
後に同大学教授、副学長などを歴任。2022年4月からは独立行政法人大学改革支援・学位授与機構理事を務めている。専門は機械工学で、手術ロボットの開発なども手がける。

光石評議員には2015年から当財団の評議員として、財団の運営に積極的に携わっていただいています。

光・レーザ関連技術の総合展「第23回 Photonix」に出展

光・レーザー関連技術の総合展「第23回 Photonix」(光・レーザー技術展)が10月4日から6日までの3日間、幕張メッセで開催された。同展は「第14回 高機能素材 Week」を構成する展示会のひとつで、自動車・電機・2次電池メーカーの生産技術・工場関係者が多数来場した。

レーザプロセッシング分野などの研究開発と国際交流に対して助成を行っている天田財団は、パネルや発行物を展示し、これまでに助成した研究成果などを紹介した。



「第23回Photonix」に出展した天田財団のブース

2023年度後半からの行事予定

1. 公共展への参加

レーザーソリューション2024

日程：2024年1月16日～19日
会場：日本科学未来館／
東京国際交流館プラザ平成

OPIE '24

日程：2024年4月24日～26日
会場：パシフィコ横浜

2. 助成研究成果発表

第7回 レーザプロセッシング 助成研究成果発表会

日程：2024年4月24日
会場：パシフィコ横浜
※OPIE '24の公式イベントとして開催

第21回 塑性加工 助成研究成果発表会

日程：2024年5月16日
会場：国立オリンピック記念
青少年総合センター

3. 助成事業

2023年度助成式典

日程：2023年11月25日
会場：AMADA FORUM

2023年度後期国際交流助成

募集期間：2023年10月1日～
12月20日

令和5年度後期 技能検定 「工場板金」「金属プレス加工」 受検手数料助成

募集期間：2023年10月1日～
2024年2月29日

編集後記

事務局長の鈴木です。天田財団ニュース2023年秋号をお届けします。

本号の研究室訪問は若手研究者を意識し、6人の先生方へお願いしました。研究室訪問の取材は高津事務局次長が担当で、私自身は残念ながら訪問する機会を得られませんでした。受け入れてくださった先生方、ありがとうございました。

令和5年度前半は当財団の評議員、理事・監事、選考委員の改選が行われました。今回は理事長も交代となりましたので、ゴールとなる役員変更登記に向けての理事会、評議員会の会議準備や各種書類作成を抱え、さらにはその合間に本号で紹介しましたレーザプロセッシング、塑性加工の2つの助成研究成果発表会の開催を挟み、4年に一度のタイトなスケジュールに追われました。なお、今回の改選で理事は10名中6名が新任となりました。

理事長交代については天田財団ニュース2023年夏号を臨時発行しておりますので、まだお読みでない方は当財団のWebサイトからダウンロードをご覧ください。

本号では、資格取得助成に関する記事も掲載しています。本年度より「レーザー加工作業」が新たに技能検定に加わりました。早速、当財団の技能検定受検手数料助成の助成対象にも加えましたので、ご利用いただければと思います。

さて、本年度の助成式典は11月25日(土)に神奈川県伊勢原市のAMADA FORUM(株)アマダの所有する施設で、旧・Forum246)で開催いたします。本拠地での開催は4年ぶりですが、私にとっては就任4年目にして初めての本拠地での開催です。この助成式典で、助成が決まった研究者の皆さまとお会いできることを楽しみにしております。

(事務局 鈴木)

今回の表紙

① 4月19日にパシフィコ横浜で開催された「第6回レーザプロセッシング助成研究成果発表会」で基調講演を行う大阪大学・塚本雅裕教授(天田財団役員) / ② 発表会の後に行われた交流会にも多くの研究者が参加。活発な意見や情報の交換が行われた / ③ 交流会の会場で来賓の挨拶を行う(職)アマダスクール・伊藤英克理事長(現・天田財団代表理事理事長)